

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

(Translation)

**PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT**

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

Date of Application: December 1, 2000

Application Number: Patent Application No. 2000-371496

Applicant(s): OLYMPUS OPTICAL CO., LTD.

December 15, 2000

Commissioner,

Patent Office Kozo OIKAWA (seal)

Certificate No. 2000-3105358

2000-371496

[Name of Document] Patent Application  
[Reference Number] 00P02338  
[Filing Date] December 1, 2000  
[Addressee] Commissioner, Patent Office  
[Int.Pat. Classification] G02B 21/08  
[Inventor]  
    [Domicile or Dwelling] c/o OLYMPUS OPTICAL CO., LTD.  
    43-2, Hatagaya 2-chome, Shibuya-ku, Tokyo  
    [Name] Kenichi KUSAKA  
[Patent Applicant]  
    [Identification Number] 000000376  
    [Name] OLYMPUS OPTICAL CO., LTD.  
    [Representative] Masatoshi KISHIMOTO  
[Agent]  
    [Identification Number] 100065824  
    [Name] Taiji SHINOHARA  
[Nominated Agent]  
    [Identification Number] 100104983  
    [Name] Masayuki FUJINAKA  
[Priority Claim Based on Antecedent Application]  
    [Application No.] Heisei 11 Patent Application No. 367868  
    [Application Date] December 24, 1999  
[Indication of Fee]  
    [Prepayment Register Number] 017938  
    [Prepaid Sum] ¥21,000  
[List of Submitted Articles]  
    [Name of Article] Specification 1  
    [Name of Article] Drawings 1  
    [Name of Article] Abstract 1

2000-371496

|                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| [Number of General Power of Attorney] | 9710227   |
| [Whether or not a Proof is Necessary] | Necessary |

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年12月 1日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-371496

出 願

Applicant(s)

オリンパス光学工業株式会社



RECEIVED  
DEC 14 2001  
TC 2800 MAIL ROOM

2000年12月15日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office



Inventor: Kusaka  
Application No. 09/745,430  
Filing Date: Dec. 26, 2000  
Attorney Docket: 276469

出証番号 出証特2000-3105358

【書類名】 特許願

【整理番号】 00P02338

【提出日】 平成12年12月 1日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 21/08

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号 オリンパス光学  
工業株式会社内

    【氏名】 日下 健一

【特許出願人】

    【識別番号】 000000376

    【氏名又は名称】 オリンパス光学工業株式会社

    【代表者】 岸本 正壽

【代理人】

    【識別番号】 100065824

    【氏名又は名称】 篠原 泰司

【選任した代理人】

    【識別番号】 100104983

    【氏名又は名称】 藤中 雅之

【先の出願に基づく優先権主張】

    【出願番号】 平成11年特許願第367868号

    【出願日】 平成11年12月24日

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 017938

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

    【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9710227

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 微分干渉光学系

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 照明光源と、該照明光源からの光線を直線偏光に変換する第 1 の偏光素子と、該第 1 の偏光素子により変換された直線偏光を振動方向が互いに直交し僅かな分離角をもって進行する 2 つの直線偏光に分離する第 1 の偏光部材と、被観察物体を照明し観察するためのレンズ系と、該レンズ系通過後の前記 2 つの直線偏光を同一光路上に合成する第 2 の偏光部材と、該第 2 の偏光部材により合成された光線を直線偏光に変換する第 2 の偏光素子を有する微分干渉光学系であって、前記第 1 の偏光部材と第 2 の偏光部材の少なくとも一方の偏光部材は前記 2 つの直線偏光が交差する干渉縞の局在位置を有し、該偏光部材から干渉縞の局在位置までの距離が変化可能な微分干渉光学系。

【請求項 2】 前記第 1 の偏光部材と第 2 の偏光部材の少なくとも一方の偏光部材の表面の法線と微分干渉光学系の光軸のなす角度を変化させることにより、該偏光部材から干渉縞の局在位置までの距離が変化可能な請求項 1 に記載の微分干渉光学系。

【請求項 3】 前記第 1 の偏光部材と第 2 の偏光部材は、夫々 2 枚の楔状のプリズムを接合して成る接合体を含み、少なくともその一方を光軸と前記接合体の接合面の法線とを含む平面内にある回転軸を中心として  $180^\circ$  回転させることにより、該偏光部材から干渉縞の局在位置までの距離が変化可能な請求項 1 に記載の微分干渉光学系。

【請求項 4】 前記第 1 の偏光部材と第 2 の偏光部材は、夫々 2 枚の楔状のプリズムを接合して成る接合体を含み、少なくともその一方は、夫々 2 枚の楔状のプリズムを接合して成る接合体を含む第 3 の偏光部材と切り替えられ得、該切り替えられた前記第 3 の偏光部材を光軸と前記接合体の接合面の法線とを含む平面内にある回転軸を中心として  $180^\circ$  回転させることにより、該偏光部材から干渉縞の局在位置までの距離が変化可能な請求項 1 に記載の微分干渉光学系。

【発明の詳細な説明】

【0001】



## 【発明の属する技術分野】

本発明は、生物組織などの透明な試料や半導体などの観察に用いられる光学顕微鏡や、試料表面の形状の測定に用いられる各種測定機に使用される微分干渉光学系に関するものである。

## 【0002】

## 【従来の技術】

図19は、透過型微分干渉光学系を示している。この微分干渉光学系では、照明光源1からの光線は偏光子2により直線偏光に変換され、ウォラストンプリズム3により振動方向が直交する2つの直線偏光に分離される。この2つの直線偏光は僅かな分離角をもって進行し、コンデンサレンズ4の集光作用により、互いに僅かに離れた平行光線となって被観察物体5に入射する。そして、この2つの直線偏光は被観察物体5を通過した後、対物レンズ6の集光作用によりウォラストンプリズム7上に集光し、ウォラストンプリズム7の複屈折性により同一光路上に合成される。同一光路上に合成された2つの直線偏光は、検光子8を通過することにより干渉し、被観察物体5の位相差を干渉色のコントラストとして観察することを可能とする。

## 【0003】

図20は、従来の反射型微分干渉光学系を示している。この微分干渉光学系では、照明光源1からの光線は偏光子2により直線偏光に変換され、ハーフミラー9により光路を被観察物体5の方向に曲げられてウォラストンプリズム3に入射する。直線偏光はこのウォラストンプリズム3で振動方向が互いに直交する2つの直線偏光に分離され、対物レンズ6の集光作用により互いに僅かに離れた平行光線となり、被観察物体5に入射する。被観察物体5から反射された2つの直線偏光は再び対物レンズ6により集光され、ウォラストンプリズム3で同一光路に合成され、ハーフミラー9を通り検光子8で干渉する。

## 【0004】

図21に示すように、ウォラストンプリズムは二枚の複屈折結晶からなる楔状のプリズムの接合体からなり、接合面はプリズム表面に対して角度 $\alpha$ だけ傾いている。また、この2つの楔状プリズムの光学軸は微分干渉光学系の光軸Zに対し

て垂直であり、互いの光学軸は直交している。そして、ウォラストンプリズムは接合面において入射する光線を振動方向が互いに直交し僅かな分離角をもつ2つの直線偏光に分離する。また、ウォラストンプリズムは光線の入射する面を逆にすると、振動方向が互いに直交し僅かな分離角をもつ2つの直線偏光を同一光路上に合成することができる。図19の透過型微分干渉光学系においては、ウォラストンプリズム3はコンデンサレンズ4の前側焦点位置におかれることにより、ウォラストンプリズム3により分離された2つの直線偏光は平行光線となって被観察物体5に入射する。また、ウォラストンプリズム7は対物レンズ6の後側焦点位置に配置され、被観察物体5から平行に射出される2つの直線偏光を同一光路上に合成する。

## 【0005】

以上は照明レンズ4と対物レンズ6の各焦点位置がレンズ外にある場合であるが、対物レンズは複数のレンズにより構成され、後側焦点位置がレンズ内にある場合が多い。この場合はウォラストンプリズムをレンズの焦点位置に配置することができないため、図22のようなノマルスキープリズムを用いる。ノマルスキープリズムはウォラストンプリズムと同様に二枚の複屈折結晶からなる楔状プリズムを接合したものであるが、一方のプリズムの光学軸がプリズム表面から角度 $\beta$ だけ傾いていることが特徴である。ノマルスキープリズムは分離する2つの光線の交差点Aをプリズムの外に配置することができる。交差点Aはノマルスキープリズムによる干渉縞が最も鮮明に見える点であり、干渉縞の局在位置と呼ばれる。微分干渉光学系においてノマルスキープリズムは干渉縞の局在位置が対物レンズの後側焦点位置と一致するような位置に配置されることが多い。

## 【0006】

微分干渉光学系がよく使用されている光学顕微鏡においては、複数の対物レンズを切り替えて観察することが一般的である。異なった倍率の対物レンズを切り替えて使用する場合、対物レンズの焦点距離や後側焦点位置が異なるため、対物レンズ側またはコンデンサ側に別のノマルスキープリズムを用意する必要がある。加えて、同じ倍率の対物レンズでも後側焦点位置の異なった対物レンズを使用する場合は別のノマルスキープリズムを用意する必要がある。このため光学顕微

鏡の微分干渉システムではノマルスキープリズムまたはウォラストンプリズムの種類が非常に多くなる。

#### 【0007】

後側焦点位置の異なった対物レンズを使用する場合を図23の透過型微分干渉光学系により説明する。図23(a)は図19と同様な配置の透過型微分干渉光学系であり、図19と実質上同一の光学部材には同一符号が付されている。図中、10、11は後側焦点位置FBが互いに異なる2種類の対物レンズ、12はノマルスキープリズムで、対物レンズ10が使用されている場合の2つの直線偏光の光路を示している。図23(b)は、対物レンズ10と同じ倍率で後側焦点位置FBが異なる対物レンズ11に切り替えた場合の2つの直線偏光の光路を示している。後側焦点位置FBの異なる対物レンズを使用すると、ウォラストンプリズム3で分離した2つの直線偏光がノマルスキープリズム12を通過した後に同一光路上に合成されず、微分干渉効果が得られない。

#### 【0008】

対物レンズ11の使用時にノマルスキープリズム12を通過した後の2つの直線偏光を同一光路上に合成する方法としては従来2つの方法が取られており、その一つはノマルスキープリズム12の代わりに、干渉縞の局在位置が対物レンズ11の後側焦点位置に一致する新たなノマルスキープリズムを用意する方法である。もう一つは、ウォラストンプリズム3の代わりに、対物レンズ11の使用時に分離した2つの直線偏光がノマルスキープリズム12を通過した後に同一光路上に合成される新たなノマルスキープリズムを用意する方法である。何れの方法も後側焦点位置の異なっている対物レンズ使用時は新たなノマルスキープリズムが必要となる。

#### 【0009】

ウォラストンプリズムとノマルスキープリズムは、実用上、厚さ1mm、長さ20mm程度で厚さ3mm程度の枠に入れた状態で使用されるが、加工の難しい水晶などの複屈折結晶を高精度に加工する必要があるため高価であり、対物レンズの後側焦点位置の違いによるノマルスキープリズムの種類の多さは微分干渉システムの価格を高くする要因となっている。

## 【 0 0 1 0 】

ノマルスキープリズムの種類を減らすためには、対物レンズの後側焦点位置を一致させるレンズ設計を行えば良いが、総ての対物レンズの後側焦点位置を統一することは困難である。例えば、顕微鏡の対物レンズは色収差の補正状態によりアクロマート、セミアポクロマート、アポクロマートの種類があり、用途も蛍光観察用や超作動距離のものや補正環を備えたものなど多数の種類があり、それぞれの用途で適したレンズタイプが異なっている。レンズタイプが異なると後側焦点位置も変化するため、多様な用途の対物レンズの後側焦点位置を統一するのはレンズ設計的に困難である。

## 【 0 0 1 1 】

このように、後側焦点位置が異なっている複数の対物レンズを使用する微分干渉光学系においては、プリズムの種類の増加により微分干渉システムの価格が高くなると云う問題点があった。従来、この問題点の解決方法の一つとして、実用新案登録第 2 5 9 3 8 6 5 号記載の微分干渉顕微鏡が提案されており、図 2 5 はその構成を示している。即ち、被観察物体 5 からの振動方向の直交する 2 つの直線偏光は、対物レンズ 1 0 の後側焦点位置で交差しノマルスキープリズム 1 2 により同一光路上に合成される。後側焦点位置の異なる対物レンズ 1 1 に対しては、ノマルスキープリズム 1 2 の位置を上下に動かして、ノマルスキープリズムの干涉縞の局在位置を対物レンズの後側焦点位置に合わせるようにする。この方法は一つのノマルスキープリズムで異なった後側焦点位置の対物レンズに対応させることができ、必要なノマルスキープリズムの種類を減らすことができる。

## 【 0 0 1 2 】

また、コンデンサレンズに配置されるウォラストンプリズムの共通化の方法として、特表平 8 - 5 0 9 0 7 8 号記載の微分干渉顕微鏡がある。この微分干渉顕微鏡は、交換可能なコンデンサレンズと、コンデンサレンズに配属せしめられた回転ディスク上に配置された各種のウォラストンプリズムと、倍率及び焦点距離の異なる複数の対物レンズを有する構成となっている。ここで、交換可能なコンデンサレンズは、複数の対物レンズと同一の焦点距離式の関係にあり、コンデンサレンズを交換してもウォラストンプリズムは共通化できるというものである。

また、上記の問題点を解決するものとして、特開平 1 1 - 2 1 8 6 7 9 号公報に記載された如き方式ものも提案されている。

## 【 0 0 1 3 】

## 【発明が解決しようとする課題】

ところで、上記実用新案登録第 2 5 9 3 8 6 5 号記載の微分干渉顕微鏡は、対物レンズの後側焦点位置の変化分だけノマルスキープリズムを上下させるため、上下動機構に大きなスペースを必要とする。通常、光学顕微鏡の対物レンズ側ノマルスキープリズムは、レボルバー内に配置されることが多い。レボルバー内の限られたスペースでは、ノマルスキープリズムの上下動機構で対応できる対物レンズの後側焦点位置の変化は 4 ~ 7 mm 程度であるため、対物レンズの後側焦点位置総てに対応させることはできず、削減できるノマルスキープリズムの種類は限られる。また、この方法は、ノマルスキープリズム自体を動かして干渉縞の局在位置を変える方法であり、ノマルスキープリズムから干渉縞の局在位置までの距離を変化させるものではない。

## 【 0 0 1 4 】

また、上記特表平 8 - 5 0 9 0 7 8 号記載の微分干渉顕微鏡は、交換可能なコンデンサレンズの焦点距離に制限があるため、製品への適用が困難である。対物レンズの倍率は 1 0 X、2 0 X、4 0 X の組み合わせがあり、これらの倍率では焦点距離が 1 / 2 倍で変化する。このため、特表平 8 - 5 0 9 0 7 8 号記載の微分干渉顕微鏡を適用する場合、交換可能なコンデンサレンズの焦点距離を 1 / 2 倍に設定することになる。しかし、コンデンサレンズの焦点距離が短くなると、高 N A の照明には有利であるが照明範囲が狭くなるという問題点がある。顕微鏡は、対物レンズの倍率が 1 倍から 1 0 0 倍まであり照明範囲の変化が大きいため、コンデンサレンズの焦点距離を 1 / 2 倍にすることは困難である。このため、特表平 8 - 5 0 9 0 7 8 号記載の微分干渉顕微鏡では、ノマルスキープリズムまたはウォラストンプリズムの種類の削減は難しい。

## 【 0 0 1 5 】

本発明は、上記の実情に鑑み、異なった後側焦点位置の対物レンズに対応可能な、ウォラストンプリズムまたはノマルスキープリズムから干渉縞の局在位置ま

での距離が可変な微分干渉光学系を提供し、微分干渉光学系に必要なウォラストンプリズムまたはノマルスキープリズムの種類を削減することを目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、本発明による微分干渉光学系は、照明光源と、該照明光源からの光線を直線偏光に変換する第1の偏光素子と、該第1の偏光素子により変換された直線偏光を振動方向が互いに直交し僅かな分離角をもって進行する2つの直線偏光に分離する第1の偏光部材と、被観察物体を照明し観察するためのレンズ系と、該レンズ系通過後の前記2つの直線偏光を同一光路上に合成する第2の偏光部材と、該第2の偏光部材により合成された光線を直線偏光に変換する第2の偏光素子を有する微分干渉光学系であって、前記第1の偏光部材と第2の偏光部材の少なくとも一方の偏光部材は前記2つの直線偏光が交差する干渉縞の局在位置を有し、該偏光部材から干渉縞の局在位置までの距離が変化可能なことを特徴としている。

第1の偏光部材と第2の偏光部材の少なくとも一方の偏光部材が干渉縞の局在位置を有する場合、即ち第1の偏光部材と第2の偏光部材のいずれか一方の偏光部材あるいは両方の偏光部材が干渉縞の局在位置を有する場合、これらの偏光部材から干渉縞の局在位置までの距離が変化できれば、異なった後側焦点位置の対物レンズに対して同一の偏光部材が使用できる。よって、微分干渉光学系に必要な第1の偏光部材と第2の偏光部材であるノマルスキープリズムまたはウォラストンプリズムの種類を少なくすることができる。

【0017】

また、本発明によれば、前記第1の偏光部材と第2の偏光部材の少なくとも一方の偏光部材の表面の法線と微分干渉光学系の光軸のなす角度を変化させることにより、該偏光部材から干渉縞の局在位置までの距離が変化し得るようになっている。

通常、微分干渉光学系には第1の偏光部材や第2の偏光部材としてノマルスキープリズムまたはウォラストンプリズムが使用されているが、これに限らず、入射する光線を振動方向が互いに直交し僅かな分離角をもって進行する2つの直線

偏光に分離する複屈折性を有する光学部材であれば第 1 の偏光部材や第 2 の偏光部材として微分干渉光学系に使用することができる。複屈折性を有する光学部材は異常光線の屈折率が光線の進行方向によって異なるため、この光学部材で構成された第 1 の偏光部材や第 2 の偏光部材を微分干渉光学系の光軸に対して傾けると、異常光線に対する屈折率が変化して干渉縞の局在位置を変化させることができる。図 1 は、第 1 及び第 2 の偏光部材の例として、ノマルスキープリズムをプリズム表面の法線と光学系の光軸とが角度  $\theta$  をなすように傾けたときの干渉縞の局在位置が示されている。図 1 (a) はプリズム表面の法線と光学系の光軸  $Z$  が平行な場合を、図 1 (b) はプリズム表面の法線と光軸  $Z$  が  $\theta$  の角度をなす場合をそれぞれ示している。即ち、プリズムを  $\theta$  だけ傾けるとプリズムから干渉縞の局在位置までの距離が  $L$  から  $L + \Delta L$  に変化する。

ノマルスキープリズムの表面の法線と光軸のなす角度  $\theta$  に対するノマルスキープリズムの干渉縞の局在位置までの距離  $L$  の計算例を図 2 に示す。ここで、 $\theta$  は光学系の光軸からプリズム表面の法線を反時計周りに測ったものである。ここで計算したノマルスキープリズムは、厚さ 1 mm、楔の角度  $\alpha$  が 10 分、光学軸の角度  $\beta$  は 10 度である。このプリズムの場合、プリズムの上面の法線と光軸のなす角度  $\pm 10$  度の変化で 25 mm 程度干渉縞の局在位置が変化し、この範囲における対物レンズの後側焦点位置の変化に対応することが可能となる。図 2 はノマルスキープリズムについての計算結果であるが、ウォラストンプリズムも同様にプリズムの表面の法線と光軸のなす角度の変化により、干渉縞の局在位置の変化が可能である。

#### 【0018】

また、本発明によれば、前記第 1 の偏光部材と第 2 の偏光部材の少なくとも一方の偏光部材の表面の法線と微分干渉光学系の光軸のなす角度を変化させると共に、該偏光部材を微分干渉光学系の光軸と垂直な方向に移動させることが出来るようになっている。

前記第 1 の偏光部材と第 2 の偏光部材の少なくとも一方の偏光部材を微分干渉光学系の光軸に対して傾けると、分離した振動方向の直交する 2 つの直線偏光の位相差も変化する。このため、上記の傾けた偏光部材を微分干渉光学系の光軸と

垂直な方向に移動することによりこの2つの直線偏光の位相差を変化させ、傾けたことによって発生した位相差を打ち消すことが望ましい。

微分干渉光学系の中には、2つの直線偏光の位相差を調整する位相差調整手段を備えている場合が多い。これは、2つの直線偏光の位相差を変化させることで、微分干渉像のコントラストを変化させることが出来るからである。位相差調整手段としては、ノマルスキープリズムを光軸と垂直な方向に移動させる手段や、コンペンセータを用いる手段がある。

位相差調整手段がノマルスキープリズムを光軸と垂直な方向に移動させる手段の場合、この調整手段によって上記の傾けた偏光部材を移動できるので、新たな移動手段を必要としない。

一方、位相差調整手段が前記第1の偏光部材と第2の偏光部材とは別に設けられたノマルスキープリズムを光軸と垂直な方向に移動させる手段やコンペンセータを用いる手段の場合、これらの位相差調整手段は2つの直線偏光の位相差がゼロの場合を基準にして調整範囲が設定されている。従って、上記の傾けた偏光部材を微分干渉光学系の光軸と垂直な方向に移動させて、発生した2つの直線偏光の位相差を打ち消すように構成しておけば、これらの調整範囲を有効に使用することができる。また、このように構成することで、対物レンズ切り換え時の位相差調整手段によるコントラスト調整が不要となる。

#### 【 0 0 1 9 】

また、本発明によれば、前記第1の偏光部材や第2の偏光部材はウォラストンプリズムまたはノマルスキープリズムである。

#### 【 0 0 2 0 】

また、本発明によれば、前記ウォラストンプリズムまたはノマルスキープリズムのプリズム厚  $d$  (mm) とプリズムの表面の法線と微分干渉光学系の光軸のなす角度の変化量  $\Delta \theta$  (度) は、以下の関係式を満たすようになっている。

$$|\Delta \theta| \times d < 12 \text{ (}^\circ \cdot \text{mm)} \quad (1)$$

上述の通り、ウォラストンプリズムまたはノマルスキープリズムを傾けるとその干渉縞の局在位置の変化と共に、分離した2つの直線偏光の位相差も大きくなる。プリズムの傾きが小さい場合は微分干渉光学系の位相差調整手段による調整



が可能であるが、プリズムの傾き角度が大きくなると位相差調整手段による微分干渉のコントラスト調整ができなくなる。また、ウォラストンプリズムまたはノマルスキープリズムの2つの直線偏光の位相差はプリズムの厚さ $d$ に関係しており、プリズム厚 $d$ が厚いほどプリズム傾け時の位相差の変化が大きくなる。本発明ではウォラストンプリズムまたはノマルスキープリズムの表面の法線と光軸のなす角度の変化 $\Delta \theta$ とプリズムの厚さ $d$ を上記(1)式の関係式で表わし、プリズムの傾け量 $\Delta \theta$ を制限している。

なお、プリズムの厚さ $d$ は、 $d \geq 0.5 \text{ mm}$ であるのが望ましい。プリズムの厚さが $0.5 \text{ mm}$ よりも小さくなると、プリズムの面精度が保てなくなる。また、プリズムの厚みがあまり大きくなると、上述したような傾けた時の問題や対物レンズとレボルバの間にプリズムを配置することが困難になるなどの問題が生じる。よって、 $0.5 \text{ mm}$ 以上にするのが望ましい。

#### 【0021】

また、本発明によれば、前記第1の偏光部材または第2の偏光部材は、入射する光線を振動方向が互いに直交し僅かな分離角をもって進行する2つの直線偏光に分離する複屈折性を有する第1の複屈折素子のみから成るか、あるいは第1の複屈折素子と入射する光線を振動方向が互いに直交する2つの直線偏光に分離して平行に射出する第2の複屈折素子の組み合わせにより成っている。

前記第1の偏光部材または第2の偏光部材が第1の複屈折素子のみからなる場合は、図1に示す構成である。図1については既に説明しているのでここでは、前記第1の偏光部材または第2の偏光部材が第1の複屈折素子と第2の複屈折素子の組合せにより成っている場合について説明する。

図3は、第1の複屈折素子の例であるノマルスキープリズム12と、第2の複屈折素子13の組み合わせを示している。図3(a)はノマルスキープリズム12のみを配置した場合、図3(b)はノマルスキープリズム12とその前に第2の複屈折素子13を配置した場合の直線偏光の光路を夫々示している。図3(b)の場合、光線は第2の複屈折素子13を通過した後 $W$ だけ分離した平行な2つの直線偏光となってノマルスキープリズム12に入射し、分離角 $\gamma$ をもってノマルスキープリズム12から射出される。通常、ノマルスキープリズム12の楔の

角度 $\alpha$ と分離角 $\gamma$ は非常に小さいため、干渉縞の局在位置の変化 $\Delta L$ は以下のよう  
に表わされる。

$$\Delta L = W / \gamma \quad (2)$$

このようにノマルスキープリズム 1 2 の前に置く第 2 の複屈折素子 1 3 の W を  
変化させることにより、干渉縞の局在位置を変化させることが可能になる。なお  
、第 2 の複屈折素子 1 3 の W を変化させるには、第 2 の複屈折素子 1 3 を光軸に  
対して傾けたり、異なる W を持つ複屈折素子を複数用意しておき交換すれば良い  
。図 3 は第 1 の複屈折素子がノマルスキープリズムの場合であるが、入射する光  
線を振動方向が互いに直交し僅かな分離角をもって進行する 2 つの直線偏光に分  
離する複屈折性を有する光学部材であれば同様に成立する。

#### 【 0 0 2 2 】

また、本発明によれば、第 2 の複屈折素子是一片以上の平行平面の複屈折部材  
から成っている。

図 4 は、この例として一片の平行平面の複屈折部材を示したものである。この  
複屈折部材は光学軸が光軸 Z の垂直方向に対して傾いており、光線が入射すると  
2 つの直線偏光に分離して平行に射出される。しかし、このような一片の複屈折  
部材の場合には、光線の分離による干渉縞の局在位置を変化させることはできる  
が、分離した 2 つの直線偏光に位相差が発生する。そのため、第 2 の複屈折素子  
を一片の複屈折部材で構成する場合は、位相差調整手段によるコントラスト調整  
を行う必要があるが第 2 の複屈折素子を一片の複屈折部材で構成できるので、加  
工や組み立てが容易な点や、コスト面で安価にできる点で有利である。これに対  
して、図 5 のように、一片の複屈折部材に加え、全体で 2 つの直線偏光の位相差  
を打ち消すようなもう一片の平行平面の複屈折部材を組み合わせた場合には、微  
分干渉光学系の位相差調整手段によるコントラスト調整が不要となる。

#### 【 0 0 2 3 】

また、本発明によれば、微分干渉光学系は、前記被観察物体を照明、観察する  
レンズ系が、物体を照明する照明レンズ系と物体を観察する対物レンズ系とによ  
り、構成される透過型微分干渉光学系である。

#### 【 0 0 2 4 】

また、本発明によれば、微分干渉光学系は、入射する直線偏光を振動方向が直交し僅かな分離角をもって進行する2つの直線偏光への分離と、前記振動方向が互いに直交し僅かな分離角をもって進行する2つの直線偏光の同一光路上への合成を一つの偏光部材で行う反射型微分干渉光学系である。即ち、この場合第1の偏光部材と第2の偏光部材は微分干渉光学系の中に別個に存在しているわけではなく、例えば第1の偏光部材のみしか光学系中になく、第1の偏光部材が第2の偏光部材の機能も果たしているということである。

## 【 0 0 2 5 】

また、本発明による微分干渉光学系は、照明光源と、この照明光源からの光線を直線偏光に変換する第1の偏光素子と、入射する直線偏光を振動方向が互いに直交し僅かな分離角をもって進行する2つの直線偏光に分離する少なくとも一つの偏光部材と、被観察物体を照明し観察するためのレンズ系と、入射する光線を直線偏光に変換する第2の偏光素子を有する微分干渉光学系であって、前記偏光部材は前記2つの直線偏光が交差する干渉縞の局在位置を有し、前記偏光部材から干渉縞の局在位置までの距離が変化可能な微分干渉光学系であることを特徴としている。

この特徴によれば、微分干渉光学系は透過型微分干渉光学系と反射型微分干渉光学系の両方に適用されるようになっている。偏光部材は一方から光線を入射させた場合、入射する直線偏光を振動方向が互いに直交し僅かな分離角をもって進行する2つの直線偏光に分離する偏光分離部材として機能するが、逆向きから光線を入射させた場合、振動方向が互いに直交し僅かな分離角をもって進行する2つの直線偏光を同一光路上に合成する偏光合成部材としても機能する。透過型微分干渉光学系では偏光分離手段が2つあり、一方は偏光分離部材で他方は偏光合成部材となる。また反射型微分干渉光学系では偏光部材が1つしかなく、これが偏光分離部材でありなお且つ偏光合成部材である。

## 【 0 0 2 6 】

また、本発明によれば、前記第1の偏光部材と第2の偏光部材の少なくとも一方の偏光部材は複数あり、各々の偏光部材の表面の法線と微分干渉光学系とのなす角が各々の偏光部材で異なっている。

前述のように、1つの偏光部材で偏光部材の表面の法線と微分干渉光学系とのなす角を変化させようとする、変化させるための機構が必要となる。しかしながら、上記のように複数の偏光部材を用意しておけば、これらの部材を交換することで干渉縞の局在位置を変化させることができる。よって、変化させるための機構やそのためのスペースが不要になる。

## 【 0 0 2 7 】

また、本発明によれば、前記第1の偏光部材と第2の偏光部材は夫々2枚の楔状のプリズムを接合して成る接合体を含み、少なくともその一方を所定の回転軸を中心として回転させることにより、該偏光部材から干渉縞の局在位置までの距離が変化可能なようになっている。ここで、所定の回転軸とは、光軸と前記接合体の接合面の法線を含む平面内にある回転軸である。

ここで、前記第1の偏光部材と第2の偏光部材の回転は、光路中に配置された状態で行なうことも可能である。しかしながら、一般的にこれらの偏光部材が配置されている近傍には、対物レンズやコンデンサレンズなどの光学素子があるため、回転させるための空間を確保することは難しい。

そのため、前記第1の偏光部材や第2の偏光部材を板状の保持部材に保持しておき、該保持部材を光路から挿脱するようにしておくのが望ましい。このようにすると、対物レンズの交換に伴って保持部材を光路から一旦取り外して、上記所定の回転軸の回りに回転させることができる。そして、上下逆さまの状態ですべて光路中に挿入すれば、光路中に必要な空間は保持部材の厚み分だけで済む。

## 【 0 0 2 8 】

また、本発明によれば、前記第1の偏光部材と第2の偏光部材は夫々2枚の楔状のプリズムを接合して成る接合体を含み、少なくともその一方は、夫々2枚の楔状のプリズムを接合して成る接合体を含む第3の偏光部材のいずれかと切り替えるようになっている。この時、前記第1の偏光部材が前記第3の偏光部材と切り替えられる場合、前記第3の偏光部材は前記第1の偏光部材を所定の回転軸を中心として180°回転させたものである。同様に、前記第2の偏光部材が前記第3の偏光部材と切り替えられる場合、前記第3の偏光部材は前記第2の偏光部材を所定の回転軸を中心として180°回転させたものである。ここで、所定の

回転軸とは、光軸と前記接合体の接合面の法線を含む平面内にある回転軸である。

なお、具体的に使用する際は、第 1 の偏光部材と第 3 の偏光部材、あるいは第 2 の偏光部材と第 3 の偏光部材は別々の保持部材に保持しておき、これらの保持部材を使用状況に応じて光路中に挿脱すれば良い。また、第 1 の偏光部材と第 3 の偏光部材、あるいは第 2 の偏光部材と第 3 の偏光部材を同一の保持部材に予め配置しておき、該保持部材を光路中で移動させることもできる。この場合、従来より知られているスライダーやターレットのような構成を利用すればよい。

【 0 0 2 9 】

#### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図示した実施例に基づき説明する。実施例の説明において、従来の技術で示したのと実質上同一の光学部材には同一符号が付されている。

#### 実施例 1

図 6 は本発明の第 1 実施例を示し、(a) 及び (b) は後側焦点位置  $F B$  の異なる対物レンズ 10, 11 が夫々使用状態に置かれた同一構成の透過型微分干渉光学系を示している。即ち、図 6 (a) は対物レンズ 10 が光路に入っている状態であり、照明光源 1 からの光線は偏光子 2 により直線偏光に変換され、ウォラストンプリズム 3 に入射したあと振動方向の直交する 2 つの直線偏光に分離される。この 2 つの直線偏光は、コンデンサレンズ 4 の集光作用によりほぼ平行となり、被観察物体 5 に入射する。2 つの直線偏光は、対物レンズ 10 の後側焦点位置  $F B$  で集光され、ノマルスキープリズム 12 により同一光路上に合成され、検光子 8 により干渉する。ノマルスキープリズム 12 は、プリズム表面の法線と微分干渉光軸のなす角度を変化できるようになっており、図 6 (b) に示すように異なる後側焦点位置  $F B$  を有する対物レンズ 11 を光路に入れた場合は、ノマルスキープリズム 12 を角度  $\theta 1$  だけ傾けて使用する。ノマルスキープリズム 12 のプリズム表面の法線と微分干渉光軸のなす角度を変化させることにより、同一のノマルスキープリズムで異なる後側焦点位置に対応させることが出来る。

なお、ノマルスキープリズム 12 を傾ける場合、ノマルスキープリズム 12 に

よって生じる2つの直線偏光の間の位相差がゼロになる位置を回転中心として、ノマルスキープリズム12を回転させるのが望ましい。ここで、図6の微分干渉光学系は透過型であるため、ノマルスキープリズム12の回転中心は、検光子8側から直線偏光を入射させたと仮定し、その場合に生じる2つの直線偏光の間の位相差がゼロになる位置である。このように、2つの直線偏光の位相差がゼロになる位置を回転中心としてノマルスキープリズム12を回転させると、ノマルスキープリズム12が微分干渉光学系の光軸に対して傾いても、2つの直線偏光の間に生じる位相差を小さく抑えることができる。

また、回転中心を、ノマルスキープリズム12の表面の法線方向は微分干渉光学系の光軸に対して所定の角度で傾くと共に、ノマルスキープリズム12自体が微分干渉光学系の光軸と垂直な方向に移動するような点とすることもできる。例えば、微分干渉光学系の光軸上の点であって、ノマルスキープリズム12の2つの楔の接合面と微分干渉光学系の光軸が交わる点以外の点などがある。

このようにすれば、ノマルスキープリズム12が微分干渉光学系の光軸に対して所定の角度で傾くことによって2つの直線偏光の間に位相差が生じて、ノマルスキープリズム12自体が微分干渉光学系の光軸と垂直な方向に移動することになるので、2つの直線偏光の間に生じる位相差を小さく抑えることができる。

【 0 0 3 0 】

## 実施例2

図7は透過型微分干渉光学系に関する本発明の第2実施例を示している。この実施例においても、異なる後側焦点位置をもつ2つの対物レンズ10, 11が用いられる。図7(a)は対物レンズ10が光路に入っている状態であり、照明光源1からの光線は偏光子2により直線偏光に変換され、ウォラストンプリズム3に入射したあと振動方向の直交する2つの直線偏光に分離される。この2つの直線偏光はコンデンサレンズ4の集光作用によりほぼ平行となり被観察物体5に入射する。2つの直線偏光は対物レンズ10の後側焦点位置FBで集光され、ノマルスキープリズム12により同一光路上に合成され、検光子8により干渉する。図7(b)に示すように、異なる後側焦点位置の対物レンズ11を光路に入れた場合は、図7(a)で使用されているノマルスキープリズム12と同じプリズム

で、プリズム表面の法線と微分干渉光学系の光軸が $\theta_2$ だけ傾けられたノマルスキープリズム14を光路に入れる。実施例2では、実施例1で必要なノマルスキープリズムの表面の法線と微分干渉光学系の光軸とのなす角度を変化させる機構が不要となる。また、本実施例では、対物レンズの種類に応じてノマルスキープリズム12が必要になるが、ノマルスキープリズム12を構成する楔形状をした光学部材の組合せは1種類で良く、様々な角度を持つ楔を製作する必要がない。これにより、楔の加工に必要な高価な加工治工具を複数用意する必要がなくなる。

## 【0031】

## 実施例3

図8は透過型微分干渉光学系に関する本発明の第3実施例を示している。この実施例においても異なる後側焦点位置をもつ2つの対物レンズ10, 11が用いられている。図8(a)は対物レンズ10が光路に入っている状態であり、照明光源1からの光線は偏光子2により直線偏光に変換され、ウォラストンプリズム3に入射したあと振動方向の直交する2つの直線偏光に分離される。この2つの直線偏光はコンデンサレンズ4の集光作用によりほぼ平行となり被観察物体5に入射する。2つの直線偏光は対物レンズ10の後側焦点位置FBで集光され、ノマルスキープリズム12により同一光路上に合成され、検光子8により干渉する。本実施例では、ウォラストンプリズム3の表面の法線と微分干渉光学系の光軸とのなす角度を変化させることができるようになっており、異なる後側焦点位置の対物レンズ11を光路に入れた場合は、図8(b)に示すように、ウォラストンプリズム3をプリズム表面が微分干渉光学系の光軸に対して角度 $\theta_3$ だけ傾けられた状態で使用するようになっている。また、本実施例では第2実施例と同様に、異なる後側焦点位置を持つ対物レンズ11を光路に入れた場合、ウォラストンプリズム3と同じ構成のプリズムで、プリズム表面の法線と微分干渉光学系の光軸のなす角が $\theta_3$ だけ傾けられた別のウォラストンプリズムを、ウォラストンプリズム3と交換して光路中に挿入しても良い。

## 【0032】

## 実施例4

図 9 は反射型微分干渉光学系に関する本発明の第 4 実施例を示している。本実施例においても異なる後側焦点位置をもつ 2 つの対物レンズ 1 0, 1 1 が使用される。図 9 (a) は対物レンズ 1 0 が光路に入っている状態であり、照明光源 1 からの光線は、偏光子 2 により直線偏光に変換され、ハーフミラー 9 により光路を被観察物体方向に曲げられて、ノマルスキープリズム 1 2 に入射する。直線偏光は、ノマルスキープリズム 1 2 で振動方向の互いに直交する 2 つの直線偏光に分離され、対物レンズ 1 0 の集光作用により平行となり、被観察物体 5 に入射する。被観察物体 5 から反射された 2 つの直線偏光は、再び対物レンズ 1 0 により集光され、ノマルスキープリズム 1 2 で同一光路に合成され、ハーフミラー 9 を通り検光子 8 で干渉する。ノマルスキープリズム 1 2 はプリズム表面の法線と微分干渉光学系の光軸とのなす角度を変化できるようになっており、図 9 (b) のように異なる後側焦点位置の対物レンズ 1 1 を光路に入れた場合は、ノマルスキープリズム 1 2 を角度  $\theta 4$  だけ傾けて使用する。反射型微分干渉光学系においても、ノマルスキープリズムのプリズム表面の法線と微分干渉光軸のなす角度を変化させることにより、同一のノマルスキープリズムで異なる後側焦点位置に対応させることが可能となる。

【 0 0 3 3 】

#### 実施例 5

図 1 0 は透過型微分干渉光学系に関する本発明の第 5 実施例を示している。この実施例は、入射する光線を振動方向が互いに直交する 2 つの直線偏光に分離して平行に射出する偏光光学素子を使用するものである。この実施例においても、異なる後側焦点位置をもつ 2 つの対物レンズ 1 0, 1 1 が使用されている。図 1 0 (a) は対物レンズ 1 0 が光路に入っている状態であり、照明光源 1 からの光線は、偏光子 2 により直線偏光に変換され、ウォラストンプリズム 3 に入射したあと振動方向の直交する 2 つの直線偏光に分離される。この 2 つの直線偏光は、コンデンサレンズ 4 の集光作用によりほぼ平行となり、被観察物体 5 に入射する。2 つの直線偏光は、対物レンズ 1 0 の後側焦点位置 F B で集光され、ノマルスキープリズム 1 2 により同一光路上に合成され、検光子 8 により干渉する。後側焦点位置の異なった対物レンズ 1 1 を使用する場合は、図 1 0 (b) に示すよう



に、ノマルスキープリズム 1 2 と検光子 8 の間の光路に、二枚の平行平板の複屈折部材を接合して成るプリズム 1 5 を入れる。このプリズム 1 5 は、入射する光線を振動方向に互いに直交する 2 つの直線偏光に分離して平行に射出し、その分離量は前記 (2) 式による対物レンズ 1 0 と対物レンズ 1 1 の後側焦点位置 F B の差に対応するものとなっている。また、プリズム 1 5 の二枚の平行平板は、振動方向が直交した 2 つの直線偏光に関して位相差がゼロになる関係になっており、対物レンズ切り替え時に位相差調整手段で微分干渉のコントラストを調整する必要がない。

#### 【 0 0 3 4 】

#### 実施例 6

図 1 1 は反射型微分干渉光学系に関する本発明の第 6 実施例を示している。この実施例においても異なる後側焦点位置をもつ 2 つの対物レンズ 1 0, 1 1 が使用される。図 1 1 (a) は対物レンズ 1 0 が光路に入っている状態であり、照明光源 1 からの光線はバンドパスフィルタ 1 6 を通り、準単色光に変換される。この準単色光は偏光子 2 により直線偏光に変換され、ハーフミラー 9 により光路を被観察物体方向に曲げられ、一对の楔状の複屈折結晶 1 7 に入射する。この一对の楔状の複屈折結晶 1 7 はそれぞれ微分干渉光学系の光軸と垂直の方向に移動可能であり、振動方向の直交する 2 つの直線偏光の分離量を変えることができる。直線偏光はこの一对の楔状の複屈折結晶 1 7 により振動方向が直交する 2 つの直線偏光に分離され、ノマルスキープリズム 1 2 に入射する。ノマルスキープリズム 1 2 の複屈折作用により、2 つの直線偏光は対物レンズ 1 0 の後側焦点位置 F B に集光し、対物レンズ 1 0 の集光作用により、2 つの直線偏光の向きは平行となり、被観察物体 5 に入射する。被観察物体 5 から反射された 2 つの直線偏光は、再び対物レンズ 1 0 により集光され、ノマルスキープリズム 1 2 と一对の楔状の複屈折結晶 1 7 で同一光路に合成され、ハーフミラー 9 を通り検光子 8 で干渉する。後側焦点位置 F B の異なった対物レンズ 1 2 を光路に入れた場合は、図 1 1 (b) に示すように、一对の楔状の複屈折結晶 1 7 をそれぞれ微分干渉光学系の光軸と垂直の方向に移動させ、その偏光分離量を前記 (2) 式による対物レンズ 1 1 と対物レンズ 1 2 の後側焦点位置の差に相当する分だけ変化させれば、微

分干渉観察が可能となる。

【 0 0 3 5 】

本実施例では、微分干渉光学系の位相差調整手段の位相差調整量が  $0 \sim 2\pi$  までも微分干渉のコントラスト調整可能な準単色光による観察を行っている。これは、一对の楔状の複屈折結晶 17 による 2 つの直線偏光の位相差が大きくなり、白色光観察では、微分干渉光学系の位相差調整手段による位相差調整が出来なくなるためである。図 11 には位相差調整手段が図示されていないが、例えばノマルスキープリズム 13 を光学系の光軸と垂直方向に移動させる機構があれば位相差調整が可能となる。

【 0 0 3 6 】

上記の実施例は、何れも後側焦点位置の異なる対物レンズを使用する場合を示したが、後側焦点位置の異なるコンデンサレンズを使用する場合にも本発明は有効である。この場合も、対物レンズ側のノマルスキープリズムまたはコンデンサレンズ側のウォラストンプリズムを、そのプリズム表面の法線と光学系の光軸とのなす角度を変化させるか、或いは入射する光線を振動方向が互いに直交する 2 つの直線偏光に分離して平行に射出する偏光光学素子を光路に入れるかすることにより微分干渉観察が可能となる。

【 0 0 3 7 】

また、上記の実施例は、何れも後側焦点位置の異なる対物レンズの切替えに対応して、ノマルスキープリズム、ウォラストンプリズムまたは二枚の平行平板の複屈折部材を接合して成るプリズム等を微分干渉光学系の光軸と直交する方向へ移動させることにより切替えるようにしてたが、本発明によれば、対物レンズの切替えに対応して、偏光部材としてのノマルスキープリズムやウォラストンプリズム等を微分干渉光学系の光軸と該偏光部材を構成する二枚の楔状のプリズムの接合面の法線とを含む平面内にある回転軸を中心として  $180^\circ$  回転させることにより、目的を達成することも出来る。

【 0 0 3 8 】

図 12 は、第 1 及び第 2 の偏光部材としてノマルスキープリズムまたはウォラストンプリズムを、微分干渉光学系の光軸 Z と該ノマルスキープリズムまたはウ

ォラストンプリズムを構成する二枚の楔状のプリズムの接合面の法線とを含む平面内にあって該ノマルスキープリズムまたはウォラストンプリズムの表面に平行な回転軸Rを中心として $180^\circ$  回転させたときの干渉縞の局在位置が示されている。図12 (a) はプリズムが回転前の第1の位置にあるときの状態（干渉縞の局在位置がプリズムの右側にある）を、図12 (b) はプリズムが第1の位置から上記回転軸Rの周りに $180^\circ$  回転して第2の位置に静止したときの状態（干渉縞の局在位置がプリズムの左側にある）をそれぞれ示している。以下、この方法を用いた実施例について説明する。

#### 実施例7

図13は透過型微分干渉光学系に関する本発明の第7実施例を示している。この実施例においても異なる後側焦点位置を持つ2つの対物レンズ10, 11が使用される。図13 (a) は対物レンズ11が光路に入っている状態であり、照明光源1からの光線は偏光子2により直線偏光に変換され、第1の位置にあるノマルスキープリズム12Bに入射したあと振動方向の直交する2つの直線偏光に分離される。この2つの直線偏光は、コンデンサレンズ4の集光作用によりほぼ平行となり、被観察物体5に入射する。2つの直線偏光は、対物レンズ10の後側焦点位置FBで集光され、ノマルスキープリズム12Aにより同一光路上に合成され、検光子8により干渉する。ノマルスキープリズム12Bは、光学系の光軸と該ノマルスキープリズム12Bを構成する二枚の楔状のプリズムの接合面の法線とを含む平面内にあって該ノマルスキープリズム12Bの表面に平行な回転軸Rを中心として $180^\circ$  回転できるようになっており、図6 (b) に示すように異なる後側焦点位置FBを有する対物レンズ10を光路に入れた場合は、ノマルスキープリズム12Bを回転軸Rの周りに $180^\circ$  回転させることにより、同一のノマルスキープリズム12Bで異なる後側焦点位置に対応させることが出来る。

【0039】

#### 実施例8

図14は透過型微分干渉光学系に関する本発明の第8実施例を示している。この実施例は、対物レンズ11が対物レンズ10と交換される際にノマルスキープリズム12Bを $180^\circ$  回転する代わりに予め $180^\circ$  回転された状態で用意さ

れた別のノマルスキープリズム 1 2 B' を光路内に挿入するように構成した点で、実施例 7 とは異なる。即ち、図 1 4 (a) は対物レンズ 1 1 とノマルスキープリズム 1 2 B が光路内に挿入された状態を、図 1 4 (b) は対物レンズ 1 0 とノマルスキープリズム 1 2 B' が光路内に挿入された状態を夫々示している。この実施例によれば、ノマルスキープリズムを回転させる機構が不要となるので、構成を簡素化でき、コスト面でも有利であるという利点がある。なお、この場合、上記別のノマルスキープリズム 1 2 B' を用意せずに、ノマルスキープリズム 1 2 B を反転させて入れ直すようにしても良い。

【 0 0 4 0 】

#### 実施例 9

図 1 5 は透過型微分干渉光学系に関する本発明の第 9 実施例を示している。この実施例は、ノマルスキープリズム 1 2 A が、光学系の光軸と該ノマルスキープリズム 1 2 A を構成する二枚の楔状のプリズムの接合面の法線とを含む平面内にあって該ノマルスキープリズム 1 2 A の表面に平行な回転軸 R を中心として 1 8 0 ° 回転できるようにしており、図 1 5 (b) に示すように後側焦点位置 F B が対物レンズより飛び出しているような低倍率（例えば、2 倍）の対物レンズ 1 0' を光路に入れた場合、ノマルスキープリズム 1 2 A を回転軸 R の周りに 1 8 0 ° 回転させることにより、同一のノマルスキープリズム 1 2 A で対応させることが出来るように構成されている。

【 0 0 4 1 】

#### 実施例 1 0

図 1 6 は反射型微分干渉光学系に関する本発明の第 1 0 実施例を示している。本実施例においても、ノマルスキープリズム 1 2 が、光学系の光軸と該ノマルスキープリズム 1 2 を構成する二枚の楔状のプリズムの接合面の法線とを含む平面内にあって該ノマルスキープリズム 1 2 の表面に平行な回転軸 R を中心として 1 8 0 ° 回転できるようにしており、図 1 6 (b) に示すように後側焦点位置 F B が対物レンズより飛び出しているような低倍率（例えば、2 倍）の対物レンズ 1 0' を光路に入れた場合、ノマルスキープリズム 1 2 を回転軸 R の周りに 1 8 0 ° 回転させることにより、同一のノマルスキープリズム 1 2 で対応させることが

出来る。

【 0 0 4 2 】

以上説明した実施例 7 乃至 1 0 においては、何れも、偏光部材として用いられるノマルスキープリズムは、光学系の光軸とノマルスキープリズムを構成する二枚の楔状のプリズムの接合面の法線とを含む平面内にあって該ノマルスキープリズムの表面に平行で且つそれらの中心を通る回転軸 R を中心として  $180^\circ$  回転するように構成されていたが、この回転軸 R は、ノマルスキープリズムの中心を通らずに、図 1 7 に示す如くノマルスキープリズムの外にあって良いし、また、図 1 8 に示す如くノマルスキープリズムの表面と前記関係式 (1) を満足する角度  $\Delta\theta$  をなすように設定されても良い。更に、ノマルスキープリズムを、上記の条件を備えた回転軸 R を中心として  $180^\circ$  回転した後、前記関係式 (1) を満足する角度  $\Delta\theta$  だけ傾けるように構成されても良い。この構成によれば、対応可能な対物レンズの後側焦点位置の範囲を広くとることが出来る。上記実施例 7 乃至 1 0 では偏光部材としてノマルスキープリズムを用いて説明したが、これに替えてウォラストンプリズムを同様に用いることもでき、その場合の作用効果はノマルスキープリズムを用いた場合と同様である。また、偏光部材としては、ウォラストンプリズムまたはノマルスキープリズムと他の光学部材（プリズム等）との組み合わせられたものであっても良い。

【 0 0 4 3 】

以上説明したように、本発明の微分干渉光学系は、特許請求の範囲に記載された特徴の他に、下記の特徴を有している。

【 0 0 4 4 】

(1) 前記第 1 の偏光部材と第 2 の偏光部材の少なくとも一方の偏光部材の表面の法線と微分干渉光学系の光軸のなす角度を変化させると共に、該偏光部材を微分干渉光学系の光軸と垂直な方向に移動させるようにした請求項 2 に記載の微分干渉光学系。

【 0 0 4 5 】

(2) 請求項 2 に記載の微分干渉光学系において、前記第 1 の偏光部材や第 2 の偏光部材はウォラストンプリズムまたはノマルスキープリズムであることを特

徴とする微分干渉光学系。

【 0 0 4 6 】

(3) 上記(2)に記載の微分干渉光学系において、前記ウォラストンプリズムまたはノマルスキープリズムのプリズム厚  $d$  (mm) とプリズムの表面の法線と微分干渉光学系の光軸のなす角度の変化量  $\Delta \theta$  (度) が以下の関係式を満たすことを特徴とする微分干渉光学系。

$$|\Delta \theta| \times d < 12 (^\circ \cdot \text{mm})$$

【 0 0 4 7 】

(4) 請求項1に記載の微分干渉光学系において、前記第1の偏光部材または第2の偏光部材は、入射する光線を振動方向が互いに直交し僅かな分離角をもって進行する2つの直線偏光に分離する複屈折性を有する第1の複屈折素子のみからなるか、あるいは第1の複屈折素子と入射する光線を振動方向が互いに直交する2つの直線偏光に分離して平行に射出する第2の複屈折素子の組み合わせを備えることを特徴とする微分干渉光学系。

【 0 0 4 8 】

(5) 上記(4)に記載の微分干渉光学系において、前記第2の複屈折素子は一枚以上の平行平面の複屈折部材を有することを特徴とする微分干渉光学系。

【 0 0 4 9 】

(6) 上記(4)に記載の微分干渉光学系において、前記第1の偏光部材や第2の偏光部材はウォラストンプリズムまたはノマルスキープリズムであることを特徴とする微分干渉光学系。

【 0 0 5 0 】

(7) 請求項1に記載の微分干渉光学系において、前記被観察物体を照明し観察するレンズ系は物体を照明する照明レンズ系と物体を観察する対物レンズ系とにより構成されている透過型微分干渉光学系。

【 0 0 5 1 】

(8) 請求項1に記載の微分干渉光学系において、前記入射する直線偏光を振動方向が直交し僅かな分離角をもって進行する2つの直線偏光への分離と、前記振動方向が互いに直交し僅かな分離角をもって進行する2つの直線偏光の同一光

路上への合成を一つの偏光部材で行うことを特徴とする反射型微分干渉光学系。

【 0 0 5 2 】

( 9 ) 照明光源と、この照明光源からの光線を直線偏光に変換する第 1 の偏光素子と、入射する直線偏光を振動方向が互いに直交し僅かな分離角をもって進行する 2 つの直線偏光に分離する少なくとも一つの偏光部材と、被観察物体を照明し観察するためのレンズ系と、入射する光線を直線偏光に変換する第 2 の偏光素子を有する微分干渉光学系であって、前記偏光部材は前記 2 つの直線偏光が交差する干渉縞の局在位置を有し、前記偏光部材から干渉縞の局在位置までの距離が変化可能な微分干渉光学系。

【 0 0 5 3 】

( 1 0 ) 請求項 2 に記載の微分干渉光学系において、前記第 1 の偏光部材と第 2 の偏光部材の少なくとも一方の偏光部材は複数あり、各々の偏光部材の表面の法線と微分干渉光学系とのなす角が各々の偏光部材で異なっている微分干渉光学系。

【 0 0 5 4 】

( 1 1 ) 請求項 2 に記載の微分干渉光学系において、前記第 1 の偏光部材と第 2 の偏光部材の少なくとも一方の偏光部材は、該偏光部材によって生じる 2 つの直線偏光の間の位相差がゼロになる位置を回転中心として回転する微分干渉光学系。

【 0 0 5 5 】

( 1 2 ) 請求項 2 に記載の微分干渉光学系において、前記第 1 の偏光部材と第 2 の偏光部材の少なくとも一方の偏光部材は、該偏光部材の表面の法線方向は微分干渉光学系の光軸に対して所定の角度で傾いていると共に、前記偏光部材自体が微分干渉光学系の光軸と垂直な方向に移動する点を回転中心として回転する微分干渉光学系。

【 0 0 5 6 】

( 1 3 ) 請求項 2 に記載の微分干渉光学系において、前記第 1 の偏光部材と第 2 の偏光部材の少なくとも一方の偏光部材は、微分干渉光学系の光軸上の点であって、ノマルスキープリズム 1 2 の 2 つの楔の接合面と微分干渉光学系の光軸が

交わる点以外の点を回転中心として回転する微分干渉光学系。

【 0 0 5 7 】

( 1 4 ) 前記複数の偏光部材の各々を構成している楔部材は、同じ形状 ( 同じ角度 ) であることを特徴とする上記 ( 9 ) に記載の微分干渉光学系。

【 0 0 5 8 】

( 1 5 ) 光源と、第 1 の直線偏光素子と、光線を反射または透過させる光線分離手段と、複屈折部材と、観察光学系と、第 2 の直線偏光素子とを有し、前記複屈折部材は光軸と該屈折部材の接合面の法線とを含む平面内にある回転軸を中心として  $180^\circ$  回転せしめられるようになっている微分干渉光学系。

【 0 0 5 9 】

( 1 6 ) 請求項 3 及び上記 ( 1 5 ) に記載の微分干渉光学系において、前記回転軸は、前記偏光部材の表面に平行で且つ該偏光部材の中心線上または該偏光部材から離れた位置に配置されていることを特徴とする微分干渉光学系。

【 0 0 6 0 】

( 1 7 ) 請求項 3 および上記 ( 1 5 ) に記載の微分干渉光学系において、前記回転軸は、前記偏光部材の厚さを  $d$  ( mm ) としたとき、該偏光部材の表面と下記条件を満たす角度  $\Delta \theta$  ( 度 ) をなすように配置されていることを特徴とする微分干渉光学系。

$$|\Delta \theta| \times d < 12^\circ$$

【 0 0 6 1 】

( 1 8 ) 前記第 1 または第 2 の偏光部材の少なくとも一方の偏光部材の表面の法線と微分干渉光学系の光軸とのなす角度を変化させ得るようになっている請求項 3 に記載の微分干渉光学系。

【 0 0 6 2 】

( 1 9 ) 請求項 3 及び上記 ( 1 5 ) 乃至 ( 1 8 ) に記載の微分干渉光学系において、前記第 1 の偏光部材や第 2 の偏光部材はウォラストンプリズムまたはノマルスキープリズムであることを特徴とする微分干渉光学系。

【 0 0 6 3 】

( 2 0 ) 前記第 1 の偏光部材と第 2 の偏光部材は、夫々 2 枚の楔状のプリズム



を接合して成る接合体を含み、少なくともその一方を光軸と前記接合体の接合面の法線とを含む平面内にある回転軸を中心として $180^\circ$ 回転させられていることにより、該偏光部材から干渉縞の局在位置までの距離が変化する請求項1に記載の微分干渉光学系。

【発明の効果】

上述の如く本発明によれば、少ない種類のウォラストンプリズムまたはノマルスキープリズムを用いて異なった後側焦点位置の各種対物レンズに対応可能であり、且つこれらのプリズムから干渉縞の局在位置までの距離が可変な微分干渉光学系を提供することが出来る。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の原理を説明するための説明図である。

【図2】

ノマルスキープリズムの表面の法線と光軸のなす角度 $\theta$ に対するノマルスキープリズムの干渉縞の局在位置までの距離 $L$ の計算例を示した線図である。

【図3】

(a) はノマルスキープリズムによる直線偏光の分離の様子を、(b) は偏光光学素子とノマルスキープリズムの組み合わせによる直線偏光の分離の様子をそれぞれ示す説明図である。

【図4】

一枚の平行平面の複屈折部材による直線偏光の分離の様子を示す説明図である。

【図5】

分離された2つの直線偏光の位相差をなくするため二枚の平行平面の複屈折部材を組み合わせた場合の直線偏光の分離の様子を示す説明図である。

【図6】

本発明の第1実施例の光学構成と作用を説明するための説明図である。

【図7】

本発明の第2実施例の光学構成と作用を説明するための説明図である。

【図 8】

本発明の第 3 実施例の光学構成と作用を説明するための説明図である。

【図 9】

本発明の第 4 実施例の光学構成と作用を説明するための説明図である。

【図 1 0】

本発明の第 5 実施例の光学構成と作用を説明するための説明図である。

【図 1 1】

本発明の第 6 実施例の光学構成と作用を説明するための説明図である。

【図 1 2】

本発明の原理を説明するための説明図である。

【図 1 3】

本発明の第 7 実施例の光学構成と作用を説明するための説明図である。

【図 1 4】

本発明の第 8 実施例の光学構成と作用を説明するための説明図である。

【図 1 5】

本発明の第 9 実施例の光学構成と作用を説明するための説明図である。

【図 1 6】

本発明の第 1 0 実施例の光学構成と作用を説明するための説明図である。

【図 1 7】

偏光部材の回転軸が偏光部材の外にある場合の一例を示す説明図である。

【図 1 8】

偏光部材の回転軸が偏光部材の表面と交差する場合の一例を示す説明図である。

【図 1 9】

従来の透過型微分干渉光学系を示す図である。

【図 2 0】

従来の反射型微分干渉光学系を示す図である。

【図 2 1】

ウォラストンプリズムの構成と作用を示す図である。

【図 2 2】

ノマルスキープリズムの構成と作用を示す図である。

【図 2 3】

透過型微分干渉光学系において、後側焦点位置の異なる 2 つの対物レンズを交換して使用した場合の直線偏光光路の変化を示す図である。

【図 2 4】

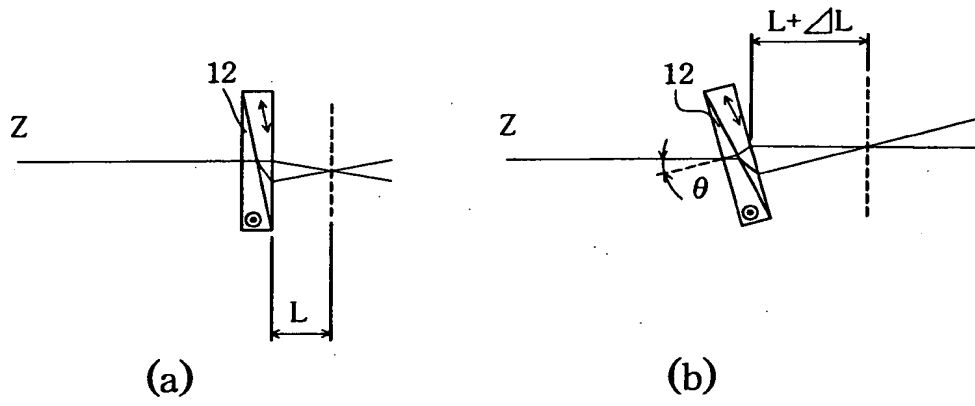
後側焦点位置の異なる 2 つの対物レンズを用いる場合の問題点を解決するため提案された従来の微分干渉顕微鏡の要部構成を示す説明図である。

【符号の説明】

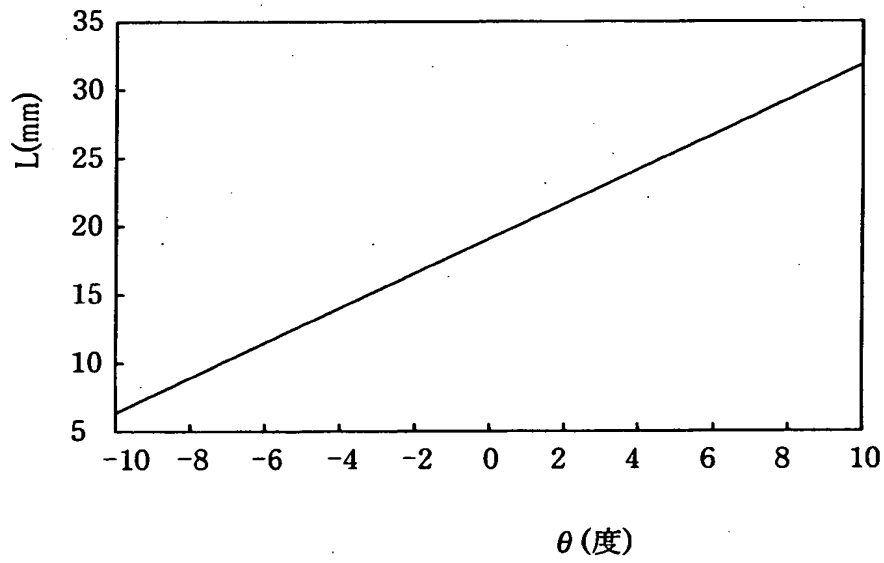
|                  |            |
|------------------|------------|
| 1                | 照明光源       |
| 2                | 偏光子        |
| 3, 7             | ウォラストンプリズム |
| 4                | コンデンサレンズ   |
| 5                | 被観察物体      |
| 6, 10, 11        | 対物レンズ      |
| 8                | 検光子        |
| 9                | ハーフミラー     |
| 12, 12A, 12B, 14 | ノマルスキープリズム |
| 13               | 第 2 の複屈折素子 |
| 15               | プリズム       |
| 16               | バンドパスフィルタ  |
| 17               | 楔状の複屈折結晶   |
| R                | 回転軸        |

【書類名】 図面

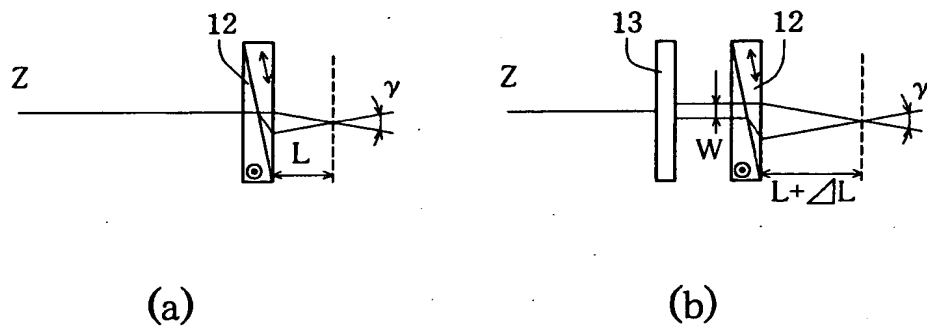
【図 1】



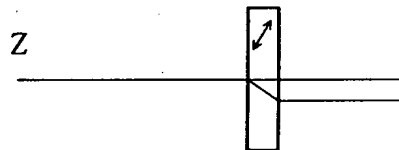
【図 2】



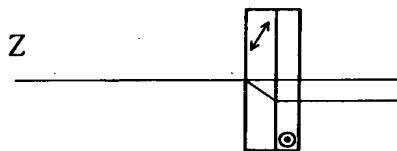
【図 3】



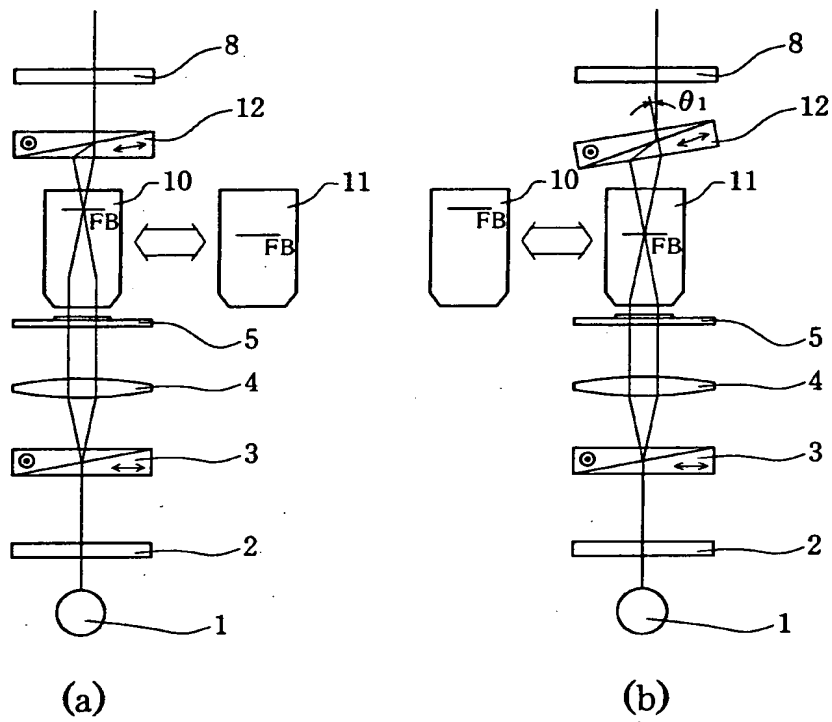
【図 4】



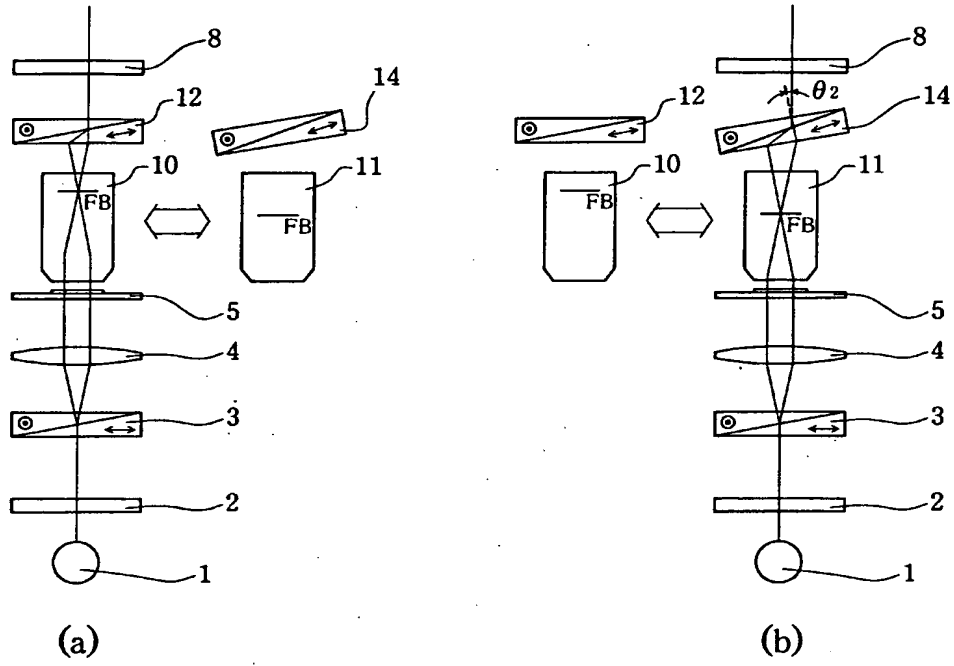
【図 5】



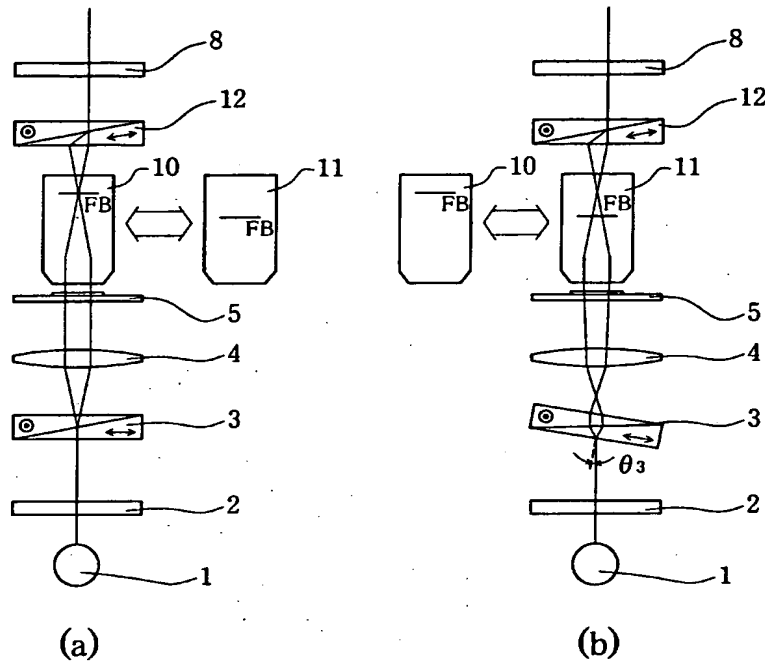
【図 6】



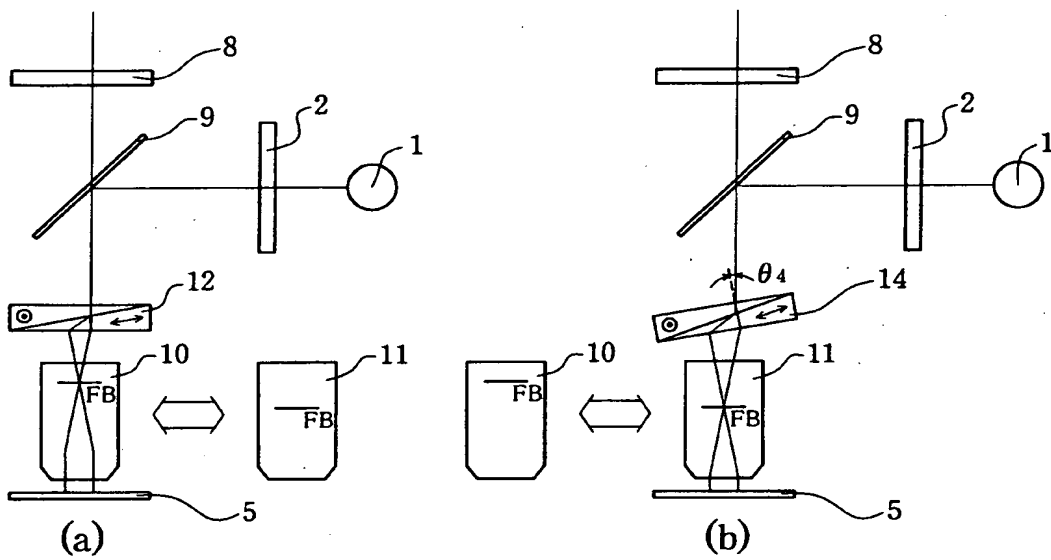
【図 7】



【図 8】

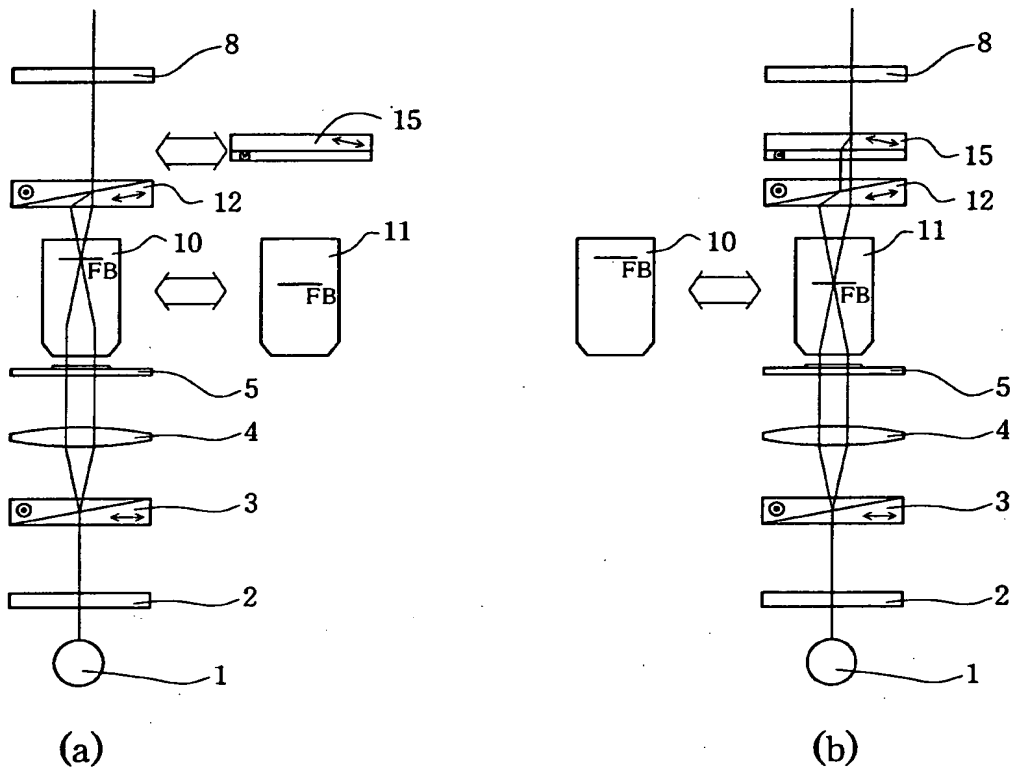


【図 9】

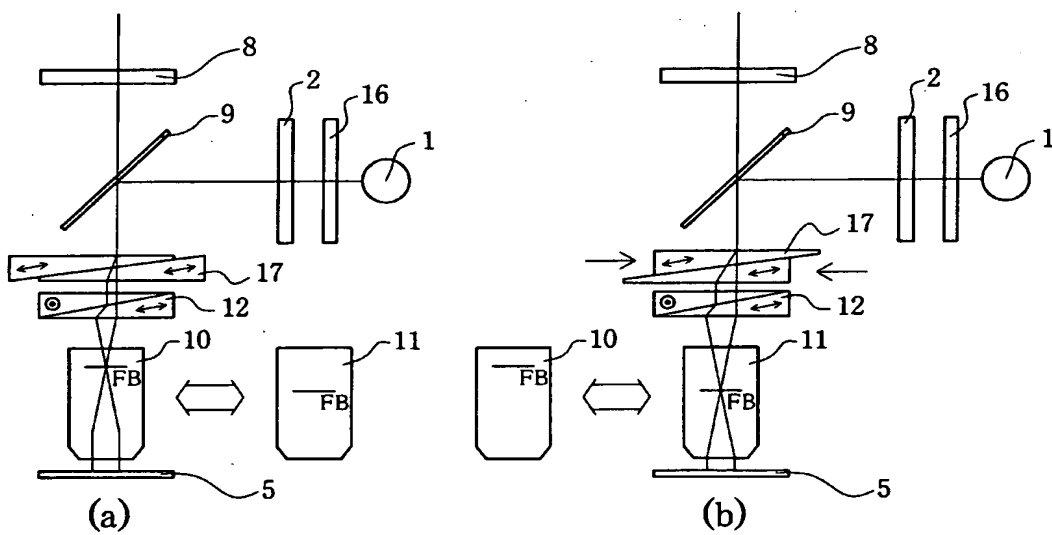




【図 10】

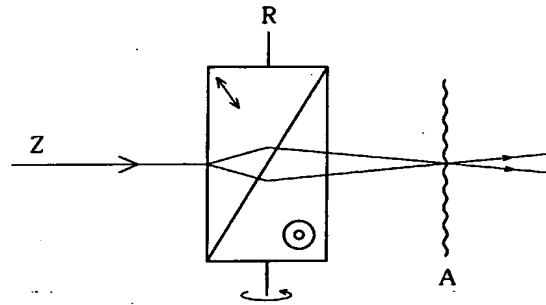


【図 11】

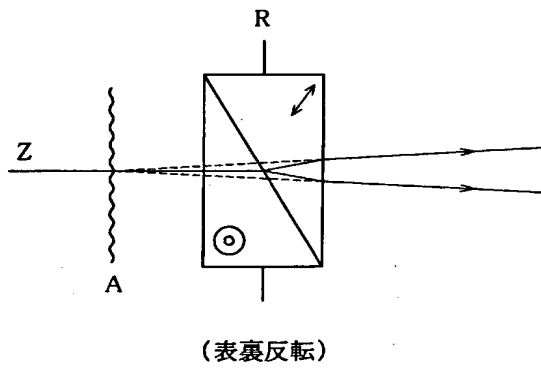


【図 1 2】

(a)



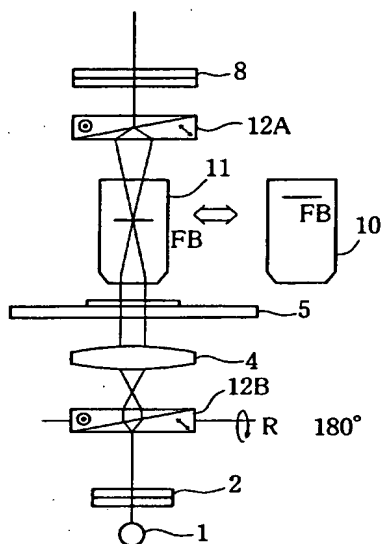
(b)



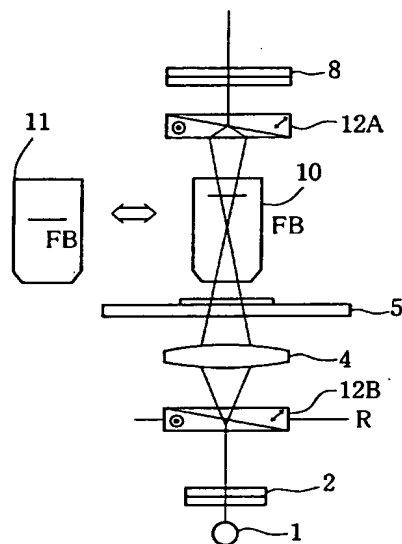
(表裏反転)

【図 13】

(a)

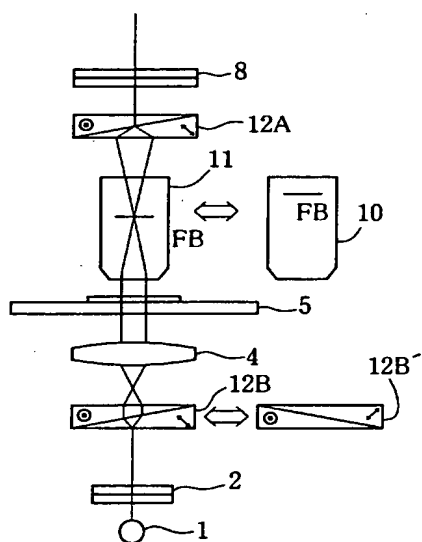


(b)

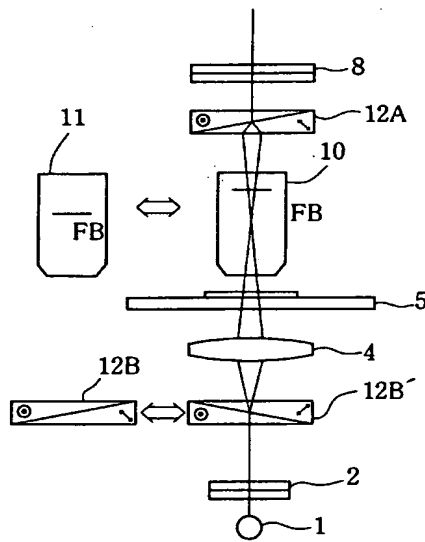


【図 14】

(a)

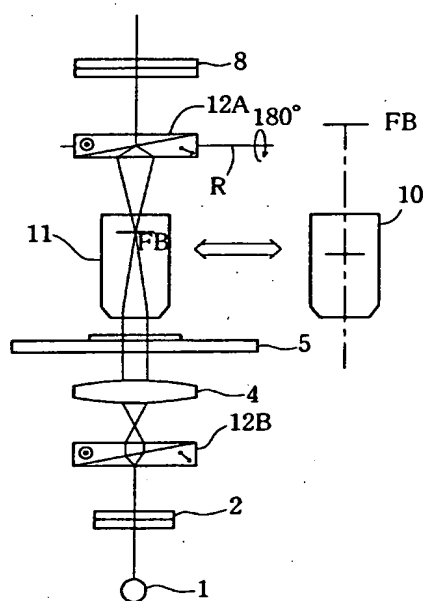


(b)

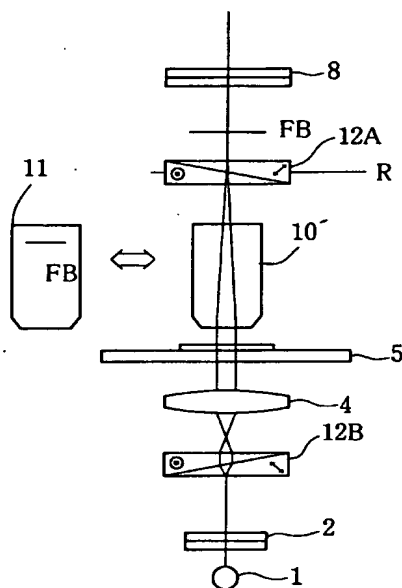


【図 1 5】

(a)

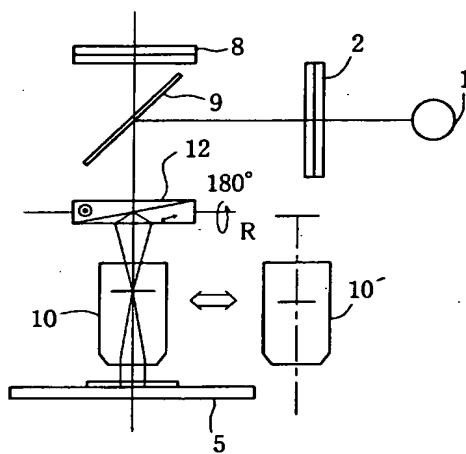


(b)

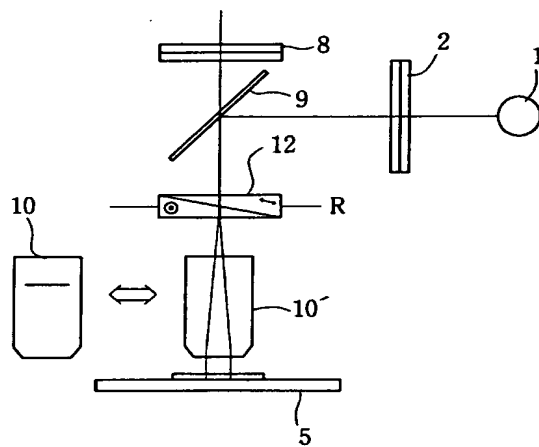


【図 1 6】

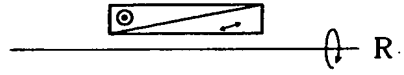
(a)



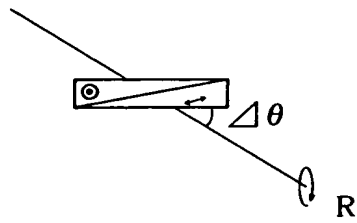
(b)



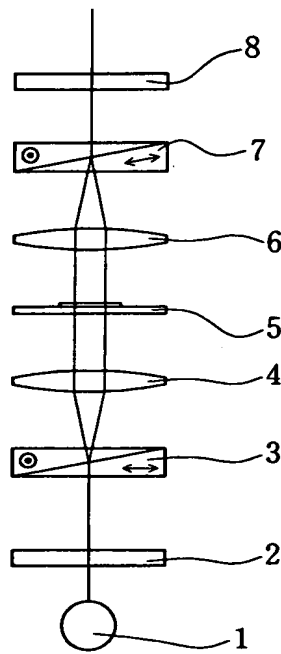
【図 1 7】



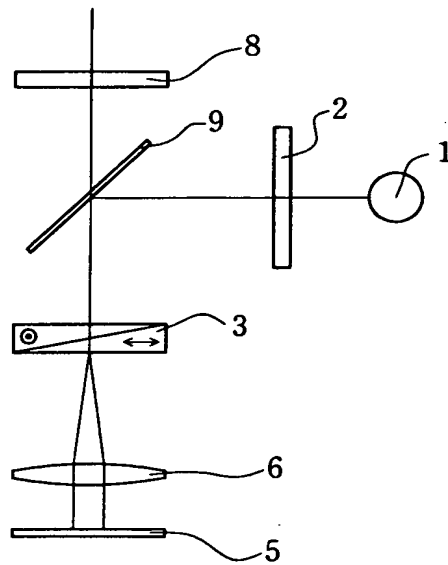
【図 1 8】



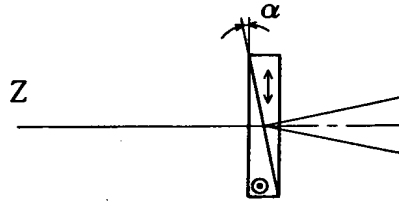
【図 1 9】



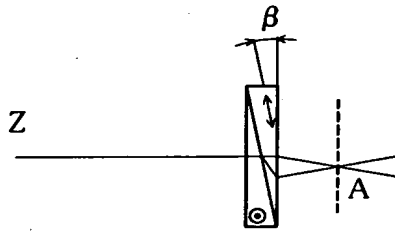
【図 2 0】



【図 2 1】

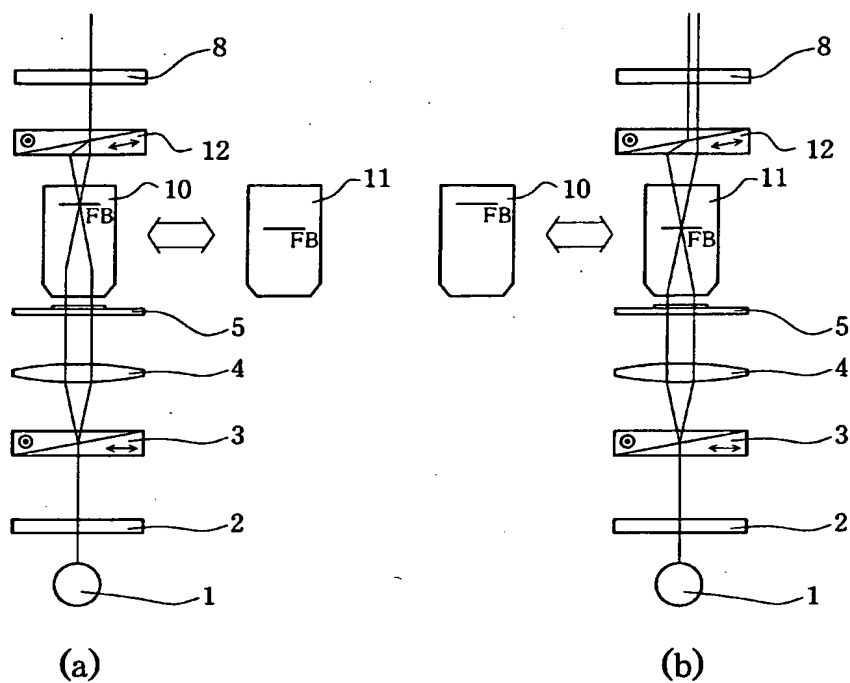


【図 2 2】

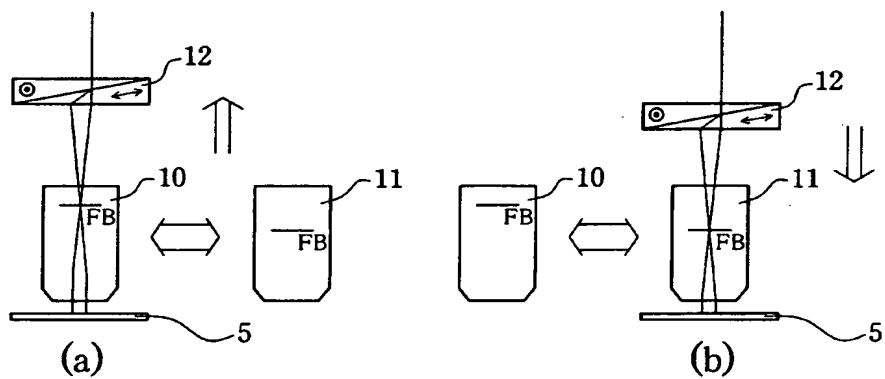




【図 2 3】



【図 2 4】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 少ない種類のウォラストンプリズムまたはノマルスキープリズムを用いて異なった後側焦点位置の各種対物レンズに対応可能であり、これらのプリズムから干渉縞の局在位置までの距離が可変な微分干渉光学系を提供する。

【解決手段】 照明光源 1 と、照明光源 1 からの光線を直線偏光に変換する偏光子 2 と、その直線偏光を振動方向が互いに直交する 2 つの直線偏光に分離するウォラストンプリズム 3 と、被観察物体 5 を照明し観察するレンズ系 4、11 と、該レンズ系通過後の前記 2 つの直線偏光を合成するノマルスキープリズム 12 と、合成された光線を直線偏光にする検光子 8 を備えている。ノマルスキープリズム 12 には、分離された 2 つの前記 2 つの直線偏光が交差する干渉縞の局在位置があり、その局在位置までの距離が変えられ得るように構成されている。

【選択図】 図 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000000376]

1. 変更年月日 1990年 8月20日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号  
氏 名 オリンパス光学工業株式会社